

Ένα νέο οικολογικό μακροοικονομικό υπόδειγμα

Γ. Δαφέρμος, Lecturer in Economics, Department of Accounting, Economics and Finance,
University of the West of England, Bristol, UK.

Μ. Νικολαΐδη, Lecturer in Economics, Department of International Business and
Economics,
University of Greenwich, London, UK.

Γ. Γαλανής, D Lecturer in Economics, Institute of Management Studies, Goldsmiths,
University of London, UK and New Economics Foundation, London, UK.

Περίληψη

Η περιβαλλοντική, η χρηματοπιστωτική και η οικονομική κρίση δεν πρέπει να εξετάζονται μεμονωμένα η μία από την άλλη καθώς κάθε μία από αυτές επιδρά στις υπόλοιπες. Ωστόσο, τα υποδείγματα που χρησιμοποιούνται για τη χάραξη οικονομικής και περιβαλλοντικής πολιτικής στερούνται μια ολοκληρωμένη αποτύπωση των συνδέσεων του οικοσυστήματος, του χρηματοπιστωτικού συστήματος και της μακροοικονομίας. Το γεγονός αυτό, περιορίζει σημαντικά τη χρησιμότητά τους σε ότι αφορά τη δημιουργία πολιτικών για την αντιμετώπιση των σύνθετων αλληλοεξαρτώμενων προβλημάτων των σύγχρονων οικονομιών και κοινωνιών.

Στόχος της έρευνας αυτής είναι να καλύψει το εν λόγω κενό, αναπτύσσοντας ένα μακροοικονομικό υπόδειγμα που συνδυάζει στοιχεία από τον κλάδο της Βιομηχανικής Οικολογίας και των μετα-Κεϋνσιανών οικονομικών. Ειδικότερα, το υπόδειγμα βασίζεται στη σύνθεση των εργασιών του Georgescu-Roegen (1971; 1979; 1984) με τα μετα-κενσιανά υποδείγματα αποθεμάτων-ροών (Godley and Lavoie 2007). Το υπόδειγμά μας διακρίνεται από τα εξής χαρακτηριστικά: Πρώτον, μοντελοποιεί ρητά (α) τα νομισματικά αποθέματα και τις νομισματικές ροές και (β) τα αποθέματα και τις ροές ύλης/ενέργειας. Αυτό επιτρέπει στο μοντέλο να λαμβάνει υπόψη τις λογιστικές αρχές σε μακροοικονομικό και χρηματοπιστωτικό επίπεδο καθώς και τους νόμους της θερμοδυναμικής σε ότι αφορά την αποτύπωση του οικοσυστήματος. Δεύτερον, το υπόδειγμα ενσωματώνει τη διάκριση του Georgescu-Roegen μεταξύ των πόρων που έχουν το ρόλο αποθεμάτων-ροών στην παραγωγική διαδικασία (ενέργεια και ύλη) και εκείνων που αποτελούν πηγή υπηρεσιών (κεφάλαιο και εργασία). Τρίτον, το παραγόμενο προϊόν καθορίζεται από την ενεργό ζήτηση, αλλά λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα να προκύπτουν περιορισμοί στην προσφορά, λόγω περιβαλλοντικών καταστροφών ή λόγω εξάντλησης των φυσικών πόρων. Τέταρτον, η κλιματική αλλαγή επηρεάζει άμεσα τις μεταβλητές οι οποίες καθορίζουν τη συνολική ζήτηση. Πέμπτον, το χρηματοπιστωτικό σύστημα επηρεάζει τη μακροοικονομική δραστηριότητα και την υλοποίηση των επενδυτικών σχεδίων που καθορίζουν τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη γενικότερη αποδοτικότητα στη χρήση φυσικών πόρων.

1. Εισαγωγή

Η περιβαλλοντική, η χρηματοπιστωτική και η οικονομική κρίση δεν πρέπει να εξετάζονται μεμονωμένα η μία από την άλλη καθώς κάθε μία από αυτές επιδρά στις υπόλοιπες. Ωστόσο, τα υποδείγματα που χρησιμοποιούνται για τη χάραξη οικονομικής και περιβαλλοντικής πολιτικής στερούνται μια ολοκληρωμένη αποτύπωση των συνδέσεων του οικοσυστήματος, του χρηματοπιστωτικού συστήματος και της μακροοικονομίας. Το γεγονός αυτό, περιορίζει σημαντικά τη χρησιμότητά τους σε ότι αφορά τη δημιουργία πολιτικών για την αντιμετώπιση των σύνθετων αλληλοεξαρτώμενων προβλημάτων των σύγχρονων οικονομιών και

κοινωνιών.

Στόχος της έρευνας αυτής είναι να καλύψει το εν λόγω κενό, αναπτύσσοντας ένα μακρο-οικονομικό υπόδειγμα που συνδυάζει στοιχεία από τον κλάδο της Βιομηχανικής Οικολογίας και των μετα-Κεϋνσιανών οικονομικών. Ειδικότερα, το υπόδειγμα βασίζεται στη σύνθεση των εργασιών του Georgescu-Roegen (1971; 1979; 1984) με τα μετα-κενσιανά υποδείγματα αποθεμάτων-ροών (Godley and Lavoie 2007). Το υπόδειγμά μας διακρίνεται από τα εξής χαρακτηριστικά: Πρώτον, μοντελοποιεί ρητά (α) τα νομισματικά αποθέματα και τις νομισματικές ροές και (β) τα αποθέματα και τις ροές ύλης/ενέργειας. Αυτό επιτρέπει στο μοντέλο να λαμβάνει υπόψη τις λογιστικές αρχές σε μακροοικονομικό και χρηματοπιστωτικό επίπεδο καθώς και τους νόμους της θερμοδυναμικής σε ότι αφορά την αποτύπωση του οικοσυστήματος. Δεύτερον, το υπόδειγμα ενσωματώνει τη διάκριση του Georgescu-Roegen μεταξύ των πόρων που έχουν το ρόλο αποθεμάτων-ροών στην παραγωγική διαδικασία (ενέργεια και ύλη) και εκείνων που αποτελούν πηγή υπηρεσιών (κεφάλαιο και εργασία). Τρίτον, το παραγόμενο προϊόν καθορίζεται από την ενεργό ζήτηση, αλλά λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα να προκύπτουν περιορισμοί στην προσφορά, λόγω περιβαλλοντικών καταστροφών ή λόγω εξάντλησης των φυσικών πόρων. Τέταρτον, η κλιματική αλλαγή επηρεάζει άμεσα τις μεταβλητές οι οποίες καθορίζουν τη συνολική ζήτηση. Πέμπτον, το χρηματοπιστωτικό σύστημα επηρεάζει τη μακροοικονομική δραστηριότητα και την υλοποίηση των επενδυτικών σχεδίων που καθορίζουν τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη γενικότερη αποδοτικότητα στη χρήση φυσικών πόρων.

2. Δομή του υποδείγματος

Το υπόδειγμα αποτελείται από δύο ευρύτερες ομάδες εξισώσεων που εκφράζουν (1) το οικοσύστημα και (2) το χρηματοπιστωτικό σύστημα και την μακρο-οικονομία. Σε ότι ακολουθεί θα παρουσιάσουμε τους πίνακες που εκφράζουν τους περιορισμούς οι οποίοι τίθενται λόγω των νόμων της θερμοδυναμικής και των αρχών της λογιστικής.

2.1 Πίνακας εισροών-εκροών της ύλης και της ενέργειας

Στην πρώτη στήλη του παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται οι διάφορες μορφές ενέργειας και ύλης που εισρέων/εκρεουν στο/από το κοινωνικο-οικονομικό σύστημα. Η δεύτερη στήλη δείχνει τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών, η οποία πρέπει να ισχύει έτσι ώστε το μοντέλο να είναι σύμφωνο με την υλική ισορροπία που απορρέει από τον πρώτο νόμο της Θερμοδυναμικής. Η τρίτη στήλη δείχνει τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών, η οποία πρέπει να ισχύει, έτσι ώστε το μοντέλο να είναι σύμφωνο με την ενεργειακή ισορροπία που επίσης απορρέει από τον πρώτο νόμο της Θερμοδυναμικής.

	Υλική ισορροπία	Ενεργειακή ισορροπία
Εισροές		
Εξορυχθείσα Ύλη	+M	
Ανανεώσιμη Ενέργεια		+ER
Μη Αν. Ενέργεια	+CEN	+EN
Οξυγόνο	+O2	
Εκροές		
Βιομηχανικές επιπομπές CO ₂	-EMIS _{IN}	
Απορρίματα	-W	
Ενέργεια σε μη χρήσιμη μορφή		-ED

Αλλαγή στο κοινωνικό-οικ. απόθεμα	-ΔSES	
Σύνολο	0	0

2.2 Πίνακας αποθεμάτων-πόρων της ύλης και της ενέργειας

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τις αλλαγές σε αποθέματα ύλης ή ενέργειας που χρησιμοποιούνται κατά κόρον για τις κοινωνικές/ οικονομικές δραστηριότητες. Η πρώτη γραμμή του πίνακα δείχνει το απόθεμα από την προηγούμενη χρονιά ενώ η τελευταία γραμμή αποτυπώνει το απόθεμα μετά τις προσθήκες και μειώσεις που έχει υποστεί λόγω των οικονομικών δραστηριοτήτων.

	Υλικά Αποθέματα	Μη αν. Ενεργειακά Αποθέματα	Ατμοσφαιρική συγκέντρωση CO ₂	Κοινωνικό- οικονομικό απόθεμα	Επικίνδυνα απορρίματα
Αρχικό Απόθεμα	REV_{M-1}	REV_{E-1}	$CO2_{AT-1}$	SES_{-1}	HWS_{-1}
Πρόσθήκες στα Αποθέματα					
Ποσότητα πόρων που μετατρέπονται σε υλικά ή ενεργειακά αποθέματα	$+CONV_M$	$+CONV_E$			
Βιομηχανικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα			$+EMIS$		
Παραγωγή υλικών αγαθών				$+MY$	
Επικίνδυνα απορρίματα που δεν έχουν ανακυκλωθεί					$+bazW$
Μειώσεις στα αποθέματα					
Εξόρυξη	$-M$	$-EN$			
Καθαρή μεταφορά διοξειδίου του άνθρακα σε ωκεανούς/ βιόσφαιρα			$+(\phi_{11}-1)CO2_{AT-1} + \phi_{21}CO2_{UP-1}$		
Υλικά αγαθά που απορρίπτονται από το κοινωνικό-οικονομικό σύστημα				$-DEM$	
Τελικό απόθεμα	REV_M	REV_E	$CO2_{AT}$	SES	HWS

2.3 Πίνακας Συναλλαγών

Ο παρακάτω πίνακας απεικονίζει τις συναλλαγές που αφορούν τα έσοδα και τις δαπάνες των διαφόρων τομέων της οικονομίας. Για κάθε τομέα της οικονομίας, οι εισροές παρουσιάζονται με θετικό πρόσημο ενώ οι εκροές με αρνητικό. Το πάνω μέρος του πίνακα αποτυπώνει τις συναλλαγές των διαφόρων τομέων, ενώ το κάτω μέρος απεικονίζει τη ροή των χρηματοδοτικών πόρων από τομέα σε τομέα.

	Νοικοκυριά	Επιχειρήσεις		Εμπορικές Τράπεζες		Σύνολο
		Τρέχουσες συναλλαγές	Κεφάλαιο	Τρέχουσες συναλλαγές	Κεφάλαιο	
Κατανάλωση	$-C$	$+C$				0
Συμβατικές Επενδύσεις		$+I_C$	$-I_C$			0
Πράσινες Επενδύσεις		$+I_G$	$-I_G$			0
Μισθοί	$+wN$	$-wN$				0
Κέρδη επιχειρήσεων	$+DP$	$-TP$	$+RP$			0
Κέρδη εμπορικών τραπεζών	$+BP$			$-BP$		0
Τόκοι καταθέσεων	$+int_D D_{-1}$			$-int_D D_{-1}$		0
Απόσβεση κεφαλαίου		$-\delta K_1$	$+\delta K_1$			0

Τόκοι συμβατικών δανείων		$-int_C L_{C-1}$		$+int_C L_{C-1}$		0
Τόκοι πράσινων δανείων		$-int_G L_{G-1}$		$+int_G L_{G-1}$		0
Αλλαγή σε καταθέσεις	$-ΔD$				$+ΔD$	0
Αλλαγή στα συμβατικά δάνεια			$+ΔL_C$		$-ΔL_C$	0
Αλλαγή στα πράσινα δάνεια			$+ΔL_G$		$-ΔL_G$	0
Σύνολο	0	0	0	0	0	0

2.4 Πίνακας Ισολογισμών

Ο τελευταίος πίνακας απεικονίζει το θετικό πρόσημο και το αρνητικό πρόσημο των τομέων της οικονομίας υπό εξέταση. Οι εμπορικές τράπεζες έχουν μηδενική καθαρή αξία, λόγω του ότι διανέμουν τα κέρδη τους στα νοικοκυριά. Αντιθέτως, η καθαρή αξία των νοικοκυριών και των επιχειρήσεων είναι θετική.

	Νοικοκυριά	Επιχειρήσεις	Εμπορικές Τράπεζες	Σύνολο
Συμβατικό κεφάλαιο		$+K_C$		$+K_C$
Πράσινο κεφάλαιο		$+K_G$		$+K_G$
Διαρκή καταναλωτικά αγαθά	$+DC$			$+DC$
Καταθέσεις	$+D$		$-D$	0
Συμβατικά δάνεια		$-L_C$	$+L_C$	0
Πράσινα δάνεια		$-L_G$	$+L_G$	0
Σύνολο (καθαρή αξία)	$+V_H$	$+V_F$	0	$+K_C + K_G + DC$

2.5 Κεντρικές Συμπεριφορικές Εξισώσεις

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε μερικές από τις κεντρικές εξισώσεις που δείχνουν τις βασικές υποθέσεις του μοντέλου.

Η συνάρτηση παραγωγής είναι τύπου Λεόντιεφ, όπου K , κεφάλαιο, N , εργασία, E , ενέργεια από μη ανακυκλώσιμες πηγές και M , ύλη.

$$Y^* = \min(Y_K^*, Y_N^*, Y_E^*, Y_M^*)$$

Η επενδύσεις των επιχειρήσεων I , διαχωρίζονται σε συμβατικές και πράσινες

$$I = I_C + I_G$$

Η διαδικασία επενδύσεων γίνεται σε δύο στάδια, όπου στο πρώτο στάδιο αποφασίζεται το συνολικό μέγεθος των επενδύσεων, ενώ στο δεύτερο αποφασίζεται το πως θα κατανεμηθεί το ποσό σε πράσινες και συμβατικές επενδύσεις.

Η κατανάλωση των νοικοκυριών είναι συνάρτηση των μισθών και του πλούτου των νοικοκυριών αλλά επίσης επηρεάζεται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

$$C = (c_1 Y_{H-1} + c_2 D_{-1})(1 - D_{T-1})$$

όπου $D_T = 1 - \frac{1}{1 + \eta_1 T_{AT} + \eta_2 T_{AT}^2 + \eta_3 T_{AT}^{6.754}}$ εκφράζει τις καταστροφές λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας.

Οι βιομηχανικές εκπομπές CO₂ παράγονται όταν χρησιμοποιείται ενέργεια προερχόμενη από μη ανανεώσιμες πηγές στην παραγωγική διαδικασία.

$$EMIS_{IN} = \omega EN$$

Οι παρακάτω εξισώσεις απεικονίζουν τον κύκλο του διοξειδίου του άνθρακα.

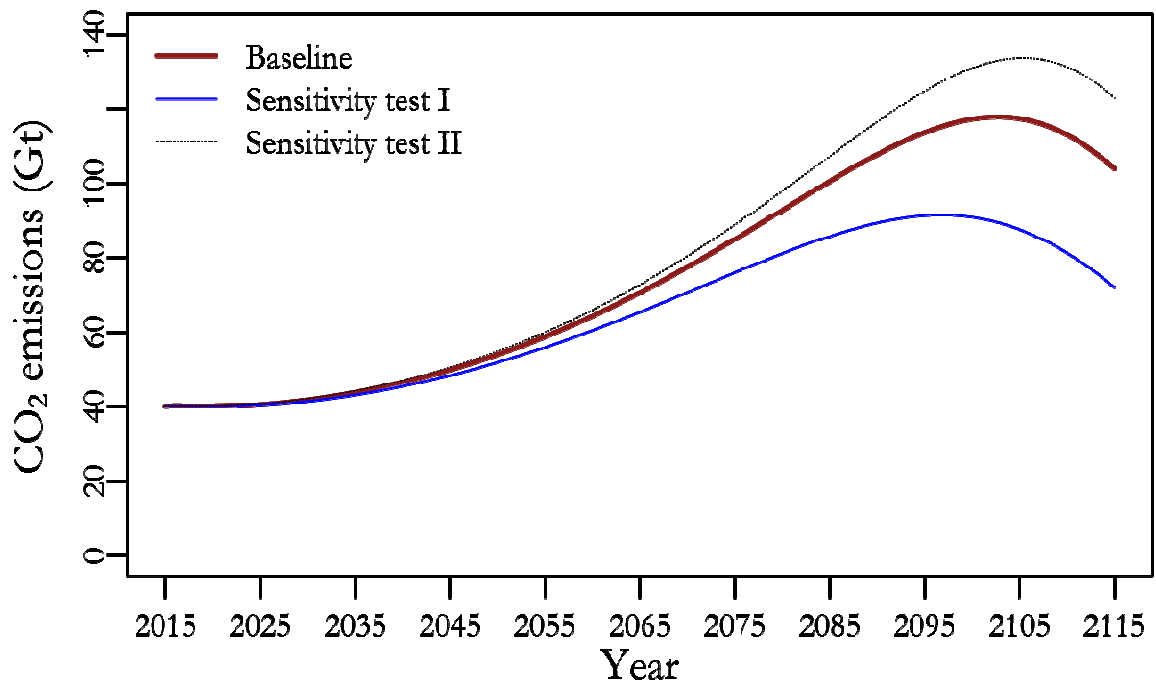
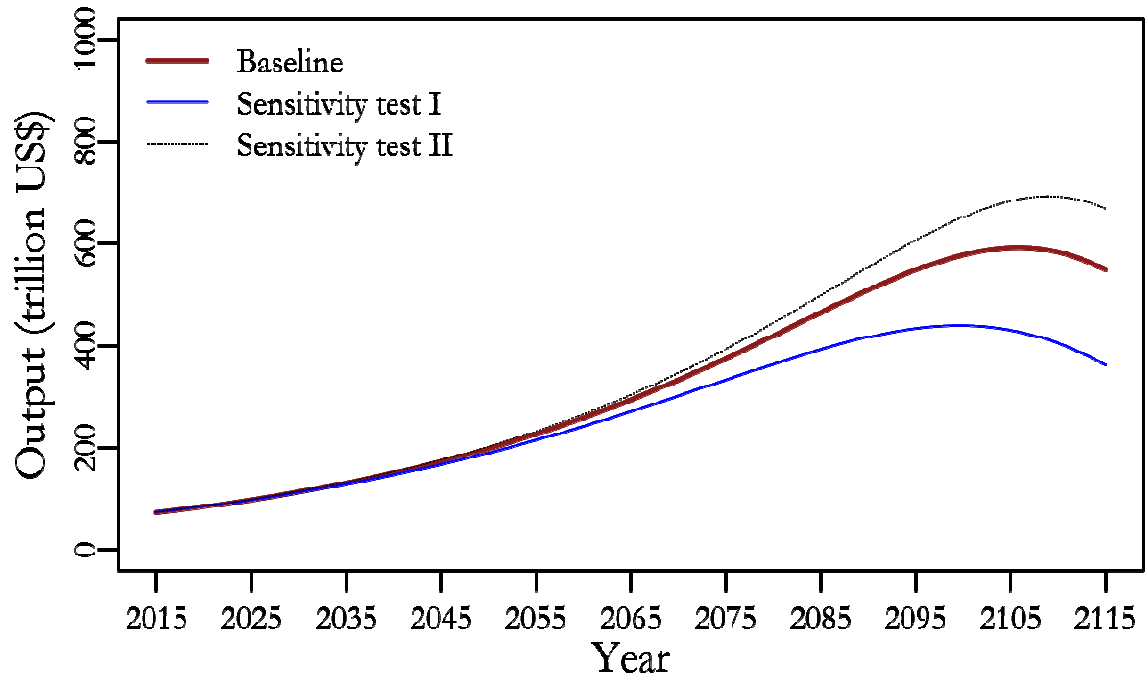
$$CO2_{AT} = EMIS + \phi_{11} CO2_{AT-1} + \phi_{21} CO2_{UP-1} \quad \text{συγκέντρωση CO}_2 \text{ στην ατμόσφαιρα}$$

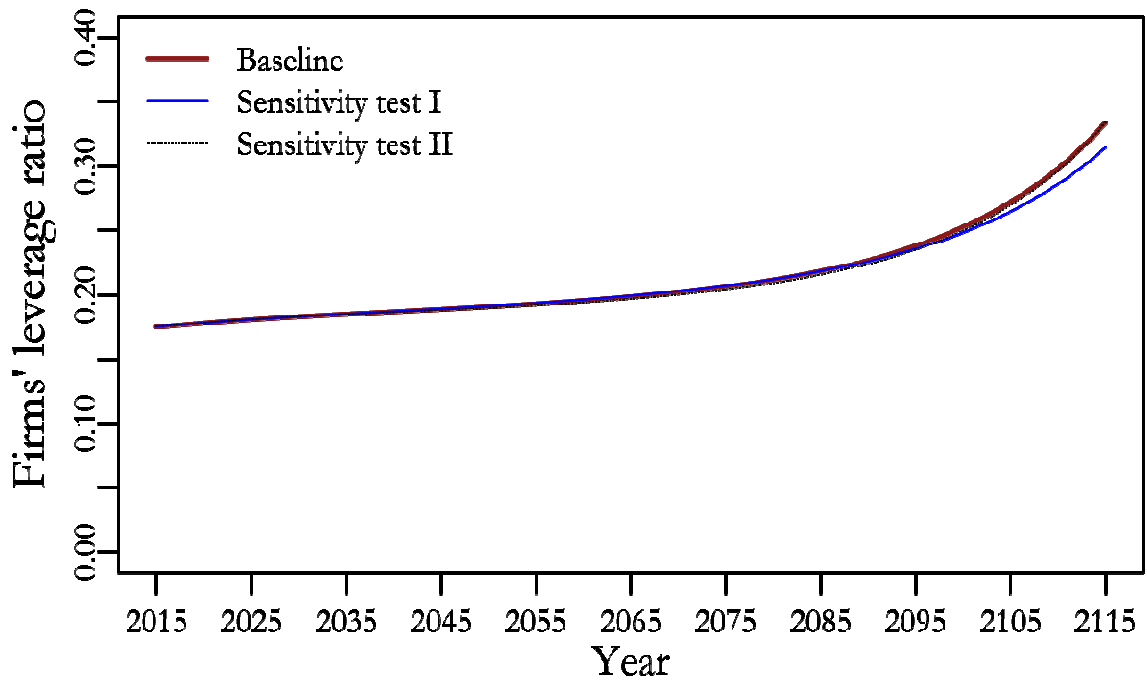
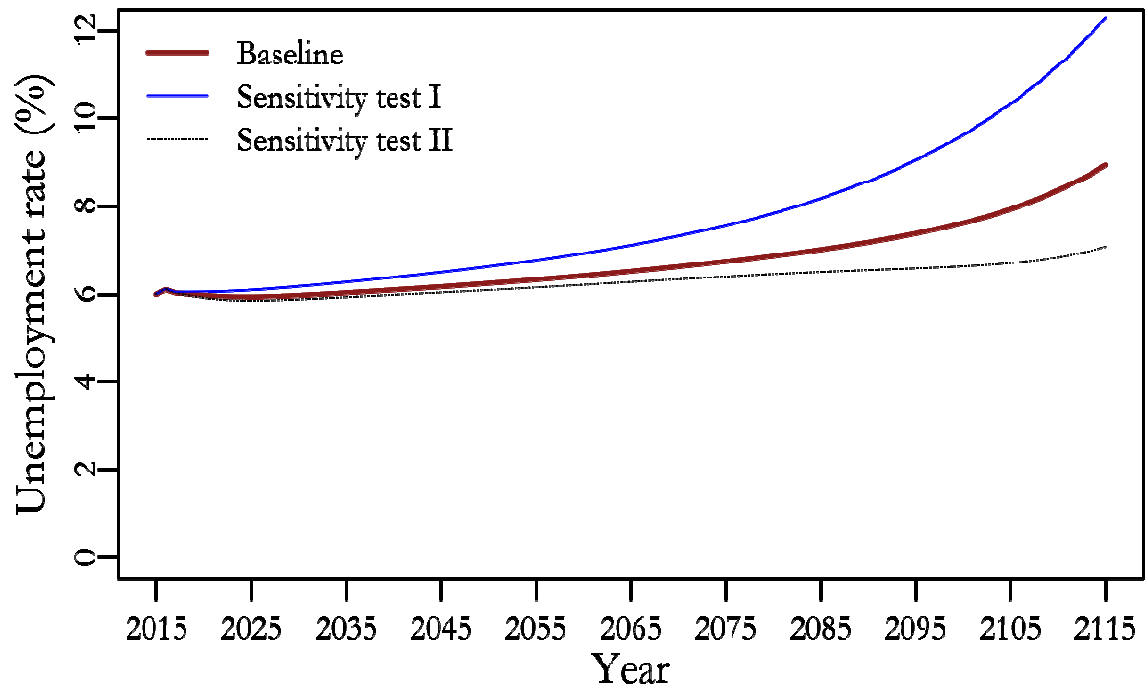
$$CO2_{UP} = \phi_{12} CO2_{AT-1} + \phi_{22} CO2_{UP-1} + \phi_{32} CO2_{LO-1} \quad \text{συγκέντρωση CO}_2 \text{ στον αν. ωκεανό/βιόσφαιρα}$$

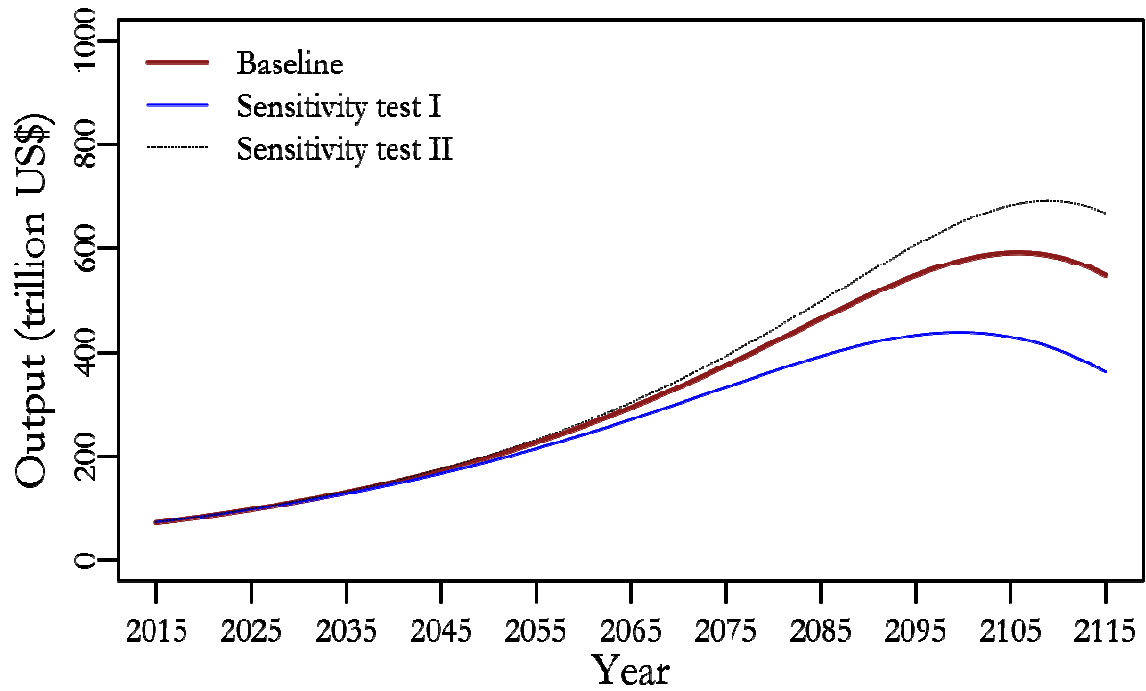
$$CO2_{LO} = \phi_{23} CO2_{UP-1} + \phi_{33} CO2_{LO-1} \quad \text{συγκέντρωση CO}_2 \text{ στον κατώτερο ωκεανό}$$

3. Προσομοιώσεις

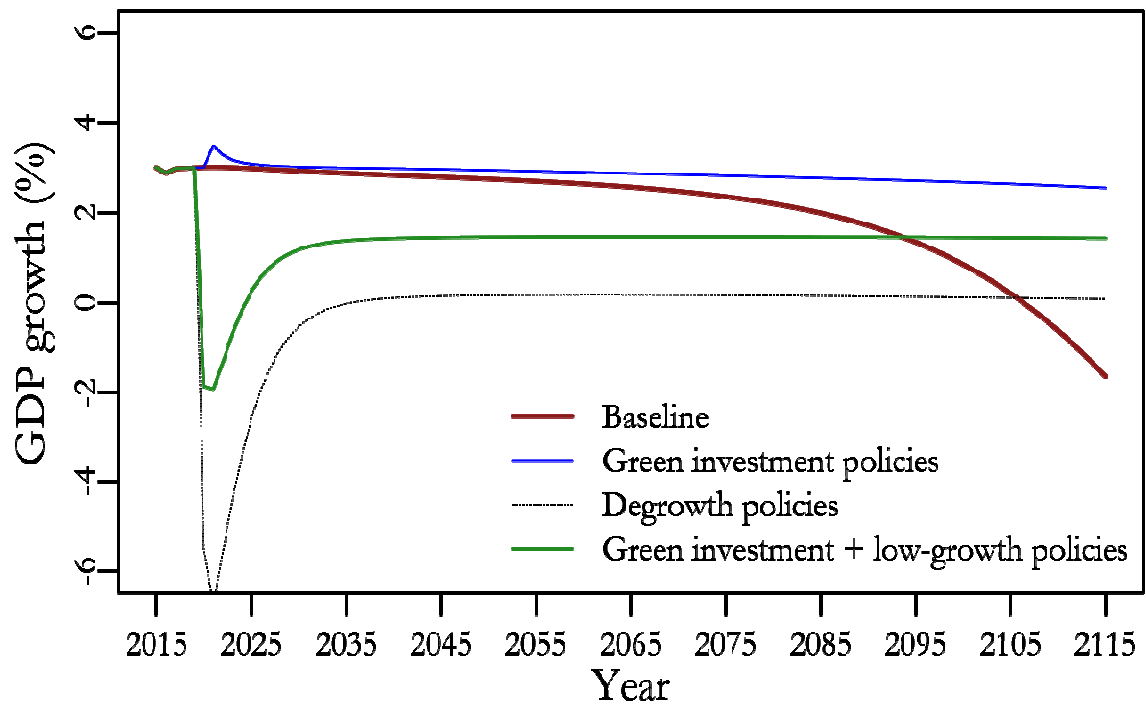
Το υπόδειγμα έχει αποτυπωθεί ποσοτικά κάνοντας χρήση δεδομένων για την παγκόσμια οικονομία και το παγκόσμιο οικοσύστημα. Για την ανάλυσή μας έχουμε αναπτύξει ένα σενάριο αναφοράς στο οποίο μεταξύ άλλων υποθέτουμε ότι μέχρι το 2050 η παγκόσμια οικονομία θα συνεχίσει να αναπτύσσεται με ρυθμό κοντά στο 2.5-3%, ενώ το ποσοστό της ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες μορφές δεν θα ξεπεράσει το 30% μέχρι το 2100. Οι προσομοιώσεις που παρουσιάζονται παρακάτω δείχνουν την ευαισθησία των αποτελεσμάτων κάτω από διαφορετικές υποθέσεις αναφορικά με την επίδραση της μόχλευσης των επιχειρήσεων.

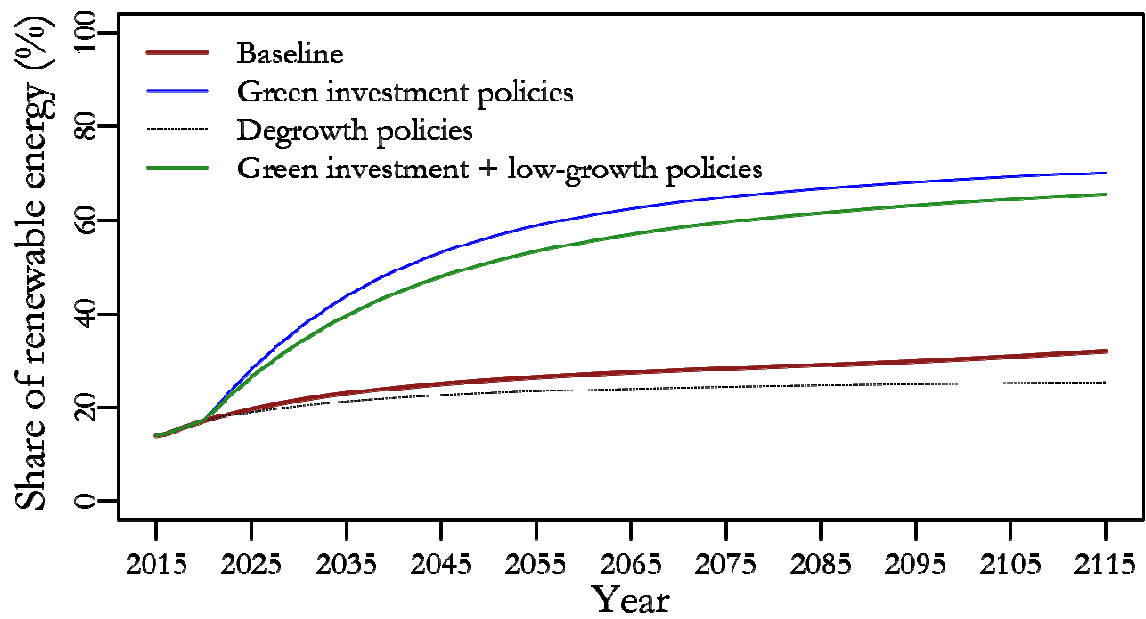
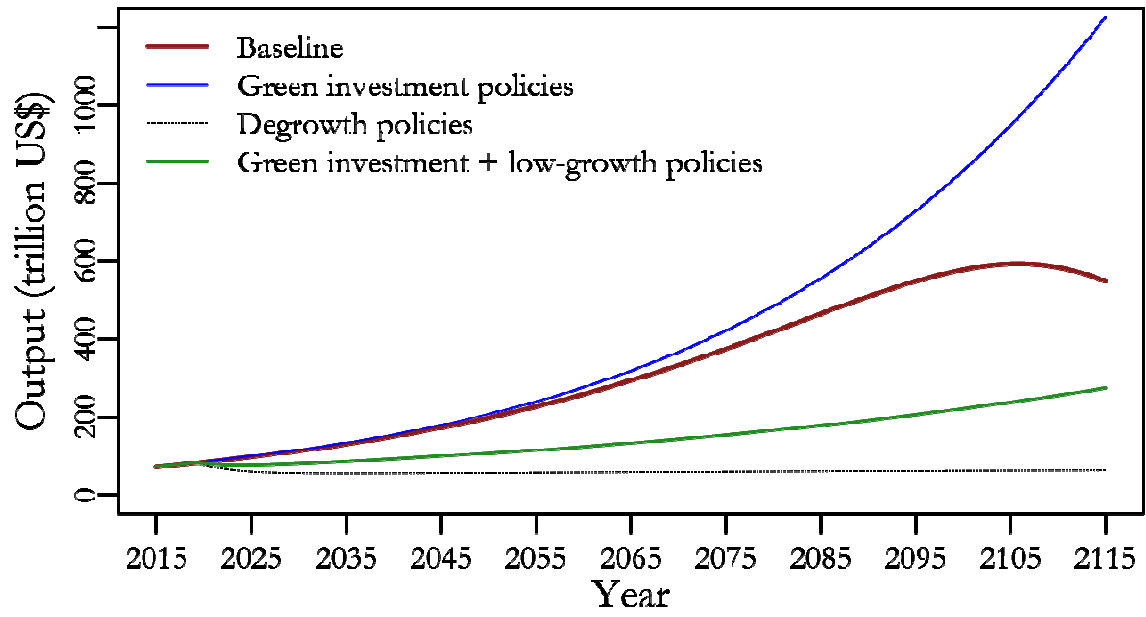


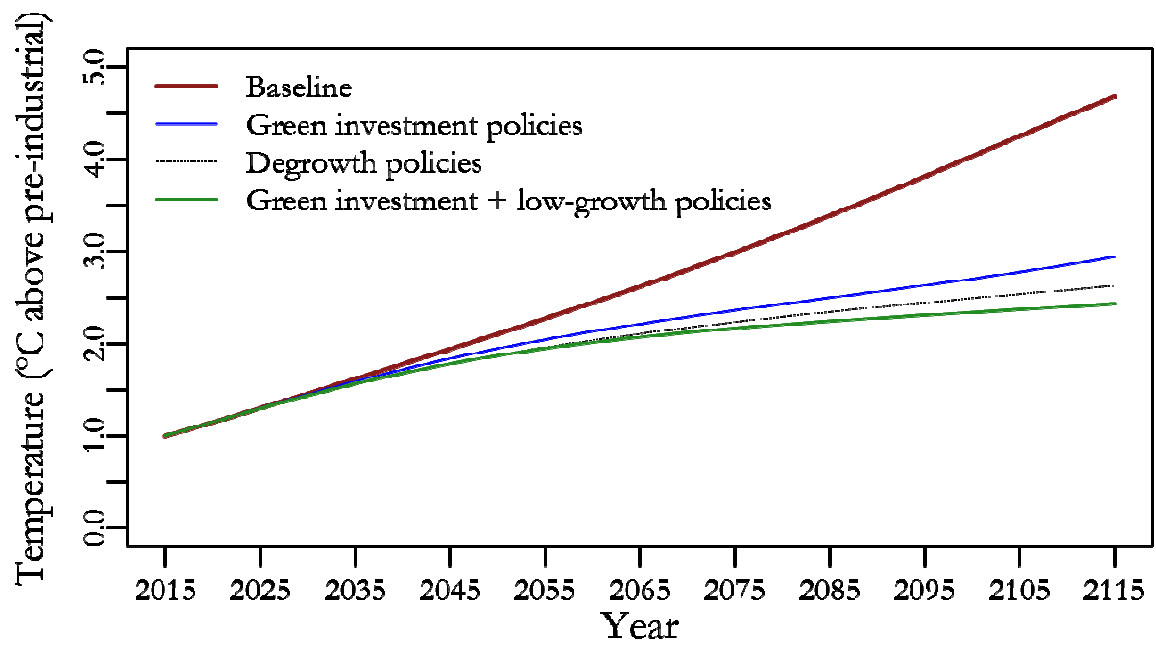
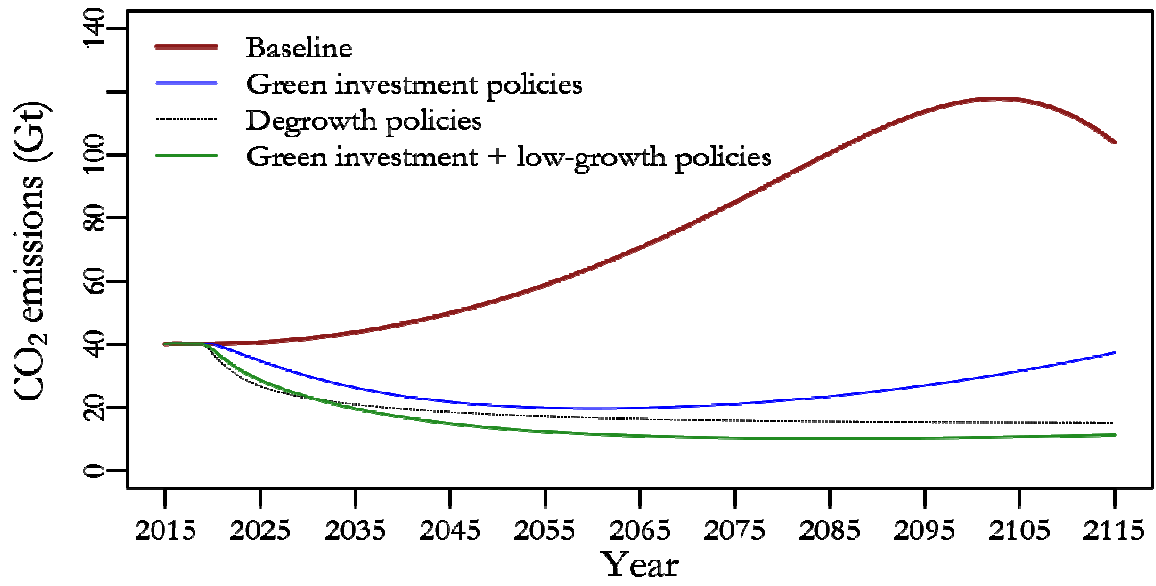


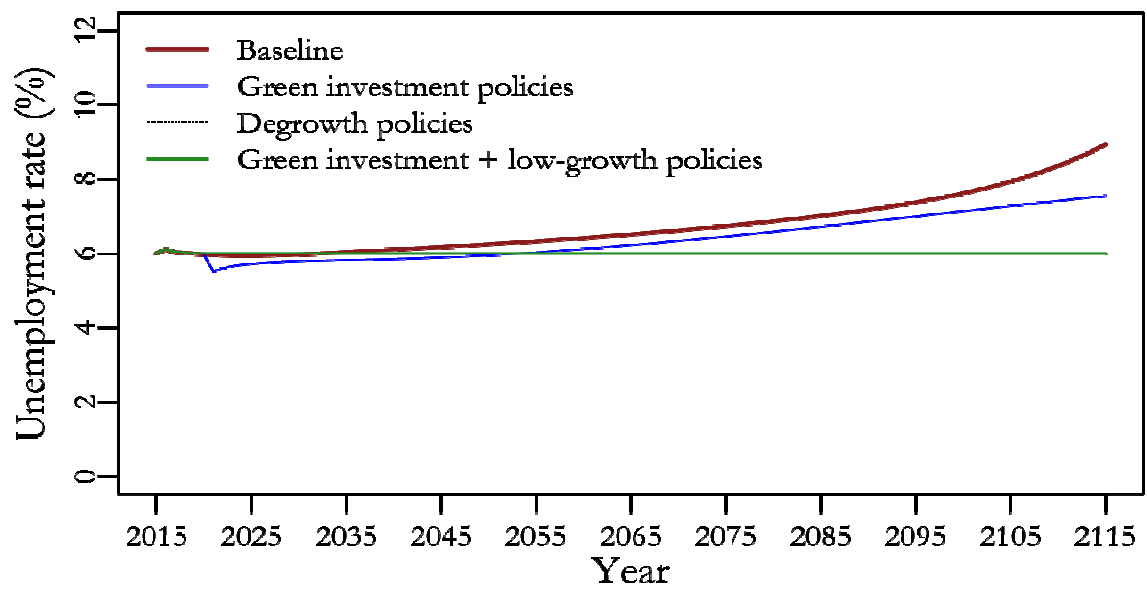
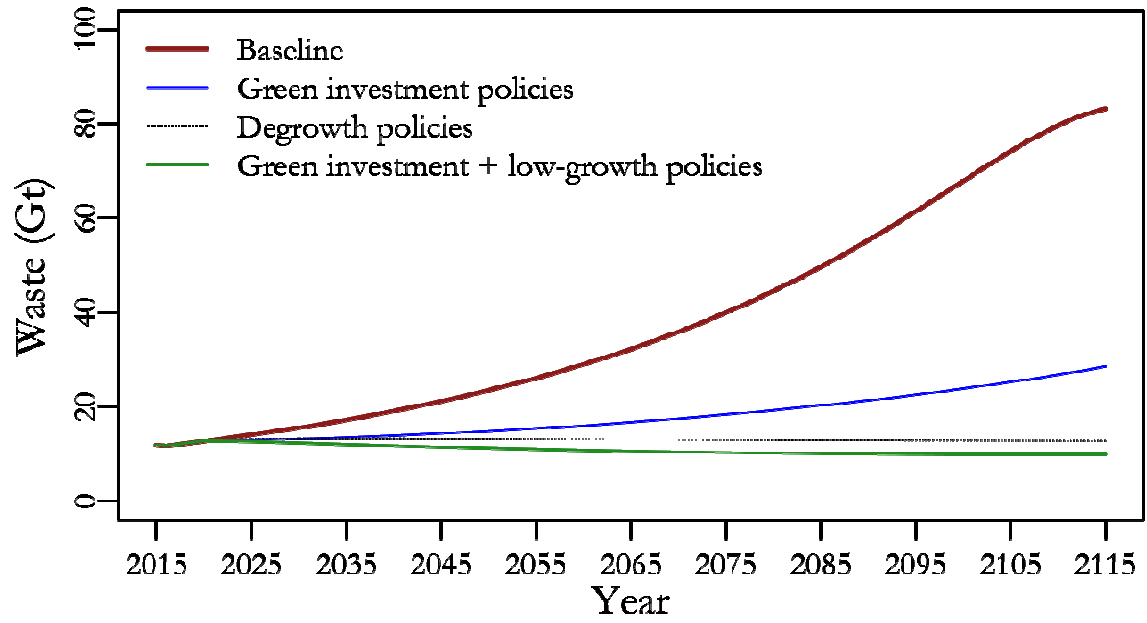


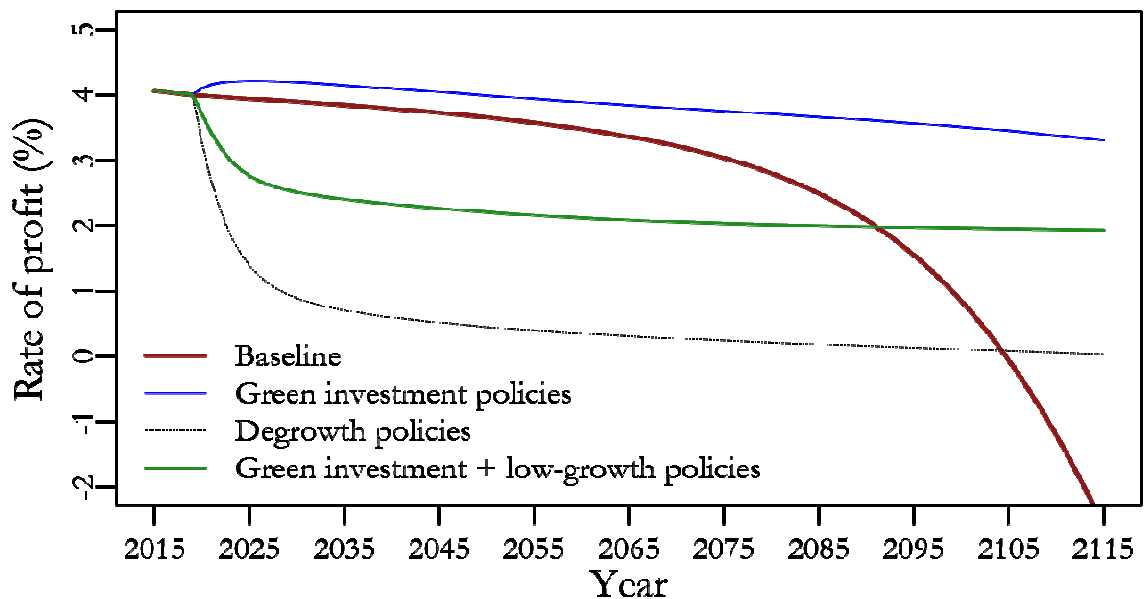
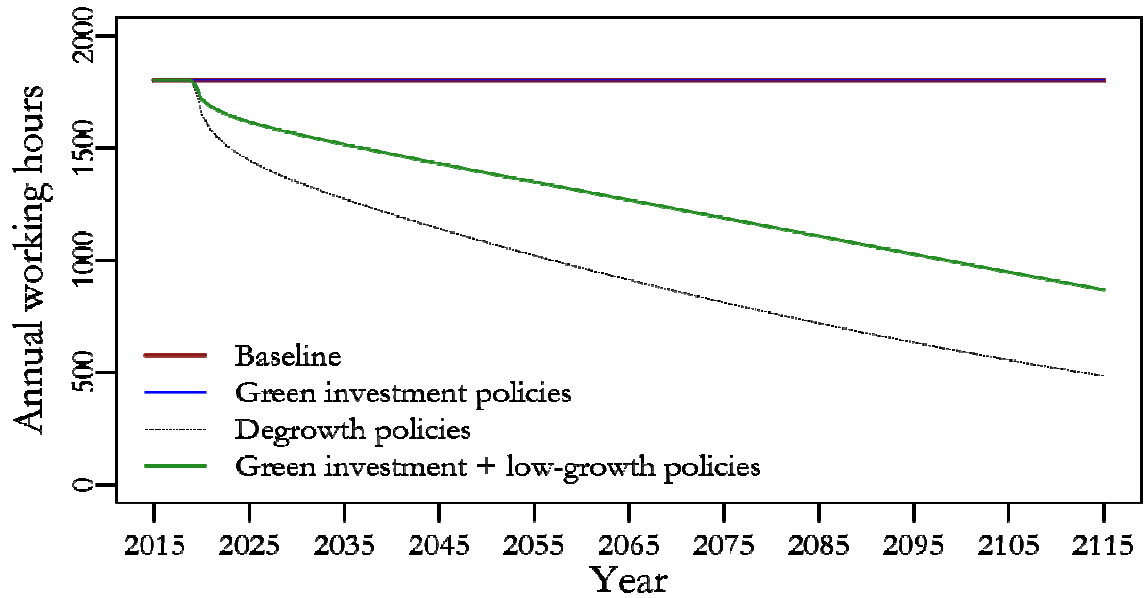
Οι παρακάτω προσομοιώσεις παρουσιάζουν την επιρροή διαφορετικών περιβαλλοντικών πολιτικών σε διάφορες κρίσιμες περιβαλλοντικές και μακροοικονομικές μεταβλητές.











Βιβλιογραφία

- Georgescu-Roegen, N., 1971. *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press, Cambridge, UK.
- Georgescu-Roegen, N., 1979. Energy analysis and economic valuation. *Southern Economic Journal*, 45 (4), 1023-1058.
- Godley, W., Lavoie, M., 2007. *Monetary Economics: An Integrated Approach to Credit, Money, Income, Production and Wealth*. Palgrave Macmillan, Basingstoke, UK.

A stock-flow-fund ecological macroeconomic model

Y. Dafermos, Lecturer in Economics, Department of Accounting, Economics and Finance,
University of the West of England, Bristol, UK.

M. Nikolaidi, Lecturer in Economics, Department of International Business and Economics,
University of Greenwich, London, UK.

G. Galanis, D Lecturer in Economics, Institute of Management Studies, Goldsmiths,
University of London, UK and New Economics Foundation, London, UK.

Abstract

This paper develops a stock-flow-fund ecological macroeconomic model that combines the stock-flow consistent approach of Godley and Lavoie with the flow-fund model of Georgescu-Roegen. The model has the following key features. First, monetary and physical stocks and flows are explicitly formalised taking into account the accounting principles and the laws of thermodynamics. Second, Georgescu-Roegen's distinction between stock-flow and fund-service resources is adopted. Third, output is demand-determined but supply constraints might arise either due to environmental damages or due to the exhaustion of natural resources. Fourth, climate change influences directly the components of aggregate demand. Fifth, finance affects macroeconomic activity and the materialisation of investment plans that determine ecological efficiency. The model is calibrated using global data. Simulations are conducted to investigate the trajectories of key environmental, macroeconomic and financial variables under (i) different assumptions about the sensitivity of economic activity to the leverage ratio of firms and (ii) different types of green finance policies.

Keywords: Ecological macroeconomics, stock-flow consistent modelling, laws of thermodynamics, climate change, finance